

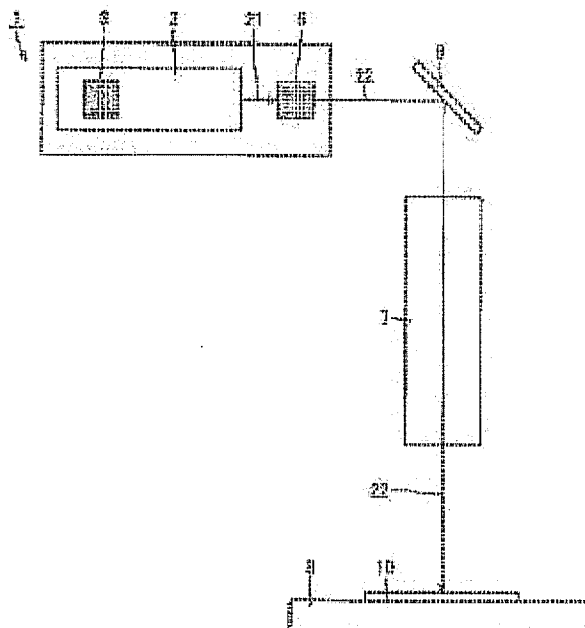
**METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE AND  
MANUFACTURING DEVICE THEREOF****Publication number:** JP2003347237 (A)**Publication date:** 2003-12-05**Inventor(s):** OGAWA TETSUYA; TOKIOKA HIDETADA; MORIKAWA KAZUTOSHI**Applicant(s):** MITSUBISHI ELECTRIC CORP**Classification:**- international: **H01L21/20; H01L21/268; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/268; H01L21/20**

- European:

**Application number:** JP20020156653 20020530**Priority number(s):** JP20020156653 20020530**Abstract of JP 2003347237 (A)**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor device manufacturing method which is capable of improving its energy efficiency in a process of laser-annealing an amorphous silicon film and to provide a manufacturing device thereof. ;

**SOLUTION:** The amorphous silicon film 10 is made to undergo a laser annealing process by the use of a second harmonic obtained by letting a laser beam 21 emitted from a solid state laser oscillator 1 pass through a wavelength conversion crystal 5 in the semiconductor device manufacturing method. The amorphous silicon film 10 is irradiated with a mixed wave of the second harmonic obtained by converting the wavelength of the laser beam 21 and the fundamental wave of the laser beam that passes through the wavelength converting crystal 5 as its wavelength is kept unchanged. ; COPYRIGHT: (C) 2004,JPO

Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-347237  
(P2003-347237A)

(43) 公開日 平成15年12月5日 (2003.12.5)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データベース*(参考)
H 0 1 L 21/268		H 0 1 L 21/268	J 5 F 0 5 2
21/20		21/20	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2002-156653(P2002-156653)

(22) 出願日 平成14年5月30日 (2002.5.30)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 小川 哲也

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72) 発明者 時岡 秀忠

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(74) 代理人 100064746

弁理士 深見 久郎 (外4名)

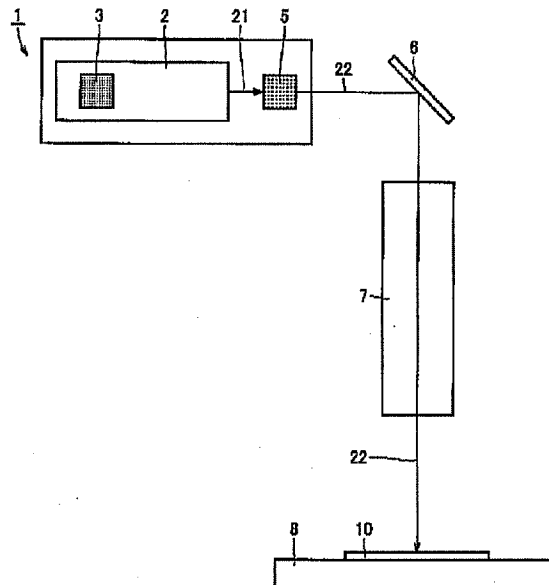
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法およびその製造装置

(57) 【要約】

【課題】 非晶質シリコン膜のレーザアニール処理においてエネルギー利用効率の向上をはかった半導体装置の製造方法およびその製造装置を提供する。

【解決手段】 固体レーザ発振装置1から発振されたレーザ光21を波長変換結晶5に通して得られる第2高調波を用いて非晶質シリコン膜10にレーザアニール処理を施す半導体装置の製造方法であって、波長変換して得られる第2高調波と、波長変換されずに波長変換結晶を通過した基本波とを合せた混合波22を、非晶質シリコン膜10に照射する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 固体レーザ発振装置から発振されたレーザ光を波長変換手段に通して得られる第2高調波を用いて半導体薄膜にレーザアニール処理を施す半導体装置の製造方法であって、

前記波長変換して得られる第2高調波と、波長変換されずに前記波長変換手段を通過した基本波とを、前記半導体薄膜に照射する、半導体装置の製造方法。

【請求項2】 前記半導体薄膜およびその下方に光に対する反射機構を設け、その反射機構によって、前記半導体薄膜に照射されその半導体薄膜を透過したレーザ光を反射させ、前記半導体薄膜の底面からその反射光を照射する、請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 前記固体レーザ発振装置として、NdをドープしたYAG ( $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ) レーザ、NdをドープしたYVO<sub>4</sub>レーザ、NdをドープしたYLF ( $\text{LiYF}_4$ ) レーザ、Ndをドープしたガラスレーザ、YbをドープしたYAG ( $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ) レーザ、YbをドープしたYVO<sub>4</sub>レーザ、YbをドープしたYLF ( $\text{LiYF}_4$ ) レーザ、およびYbをドープしたガラスレーザのいずれかを用いる、請求項1または2に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】 前記固体レーザ発振装置を、Qスイッチによりパルス発振させる、請求項1～3のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 前記半導体薄膜が、非晶質シリコン膜または多結晶シリコン膜のいずれかである、請求項1～4のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】 前記半導体薄膜における前記基本波の照射領域を第2高調波の照射領域よりも広くする、請求項1～5のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】 半導体薄膜にレーザ光を照射してレーザアニール処理を施す半導体装置の製造装置であって、前記レーザ光を発振する固体レーザ発振装置と、前記固体レーザ発振装置から発振されたレーザ光を基本波として、その基本波を所定の比率で波長変換して少なくとも第2高調波を出射する波長変換手段と、前記波長変換手段によって波長変換されずに前記波長変換手段から出射される前記基本波と少なくとも前記第2高調波とを含むレーザビームが、1つのレーザビームとして前記半導体薄膜に照射されるように、そのレーザビームの光路を変更する光路変更手段とを備える、半導体装置の製造装置。

【請求項8】 前記光路変更手段が、前記基本波と前記第2高調波とを同じように反射するダイクロイックミラーである、請求項7に記載の半導体装置の製造装置。

【請求項9】 前記半導体薄膜に照射されるレーザビームを集光する集光レンズを、前記基本波および第2高調波に共通に備える、請求項7または8に記載の半導体装置の製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体装置の製造方法およびその製造装置に関し、より具体的には、液晶表示装置のアクティブマトリックスに用いられる薄膜状の半導体装置の製造方法およびその製造装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 液晶表示装置などに用いられる薄膜トランジスタには、キャリアの移動度を向上させるため、非晶質シリコン膜をレーザアニールして形成した多結晶シリコン膜が用いられる傾向にある。このレーザアニールでは、直線状または細長い矩形状の断面プロファイルのレーザビームを、前記断面を部分的に重複させながら所定のピッチで、矩形断面の短辺の方向にずらしながら照射する。

【0003】 多結晶シリコンの結晶粒界はキャリアの移動に抵抗として作用するので、結晶粒は大きいほど高い移動度が得られる。このため、レーザアニールする際に、非晶質シリコン膜を高温に加熱し、所定の部分は熔融させ、結晶粒を粗大化させるように光エネルギーを、当該非晶質シリコン膜にできるだけ吸収させるように行う。

【0004】 従来のレーザアニールは、エキシマレーザ光を光源として行ってきた。ガラス基板の上に酸化シリコン膜が配置され、その上に非晶質シリコン膜が配置される。エキシマレーザ光のような短波長領域の光では、シリコンに対する吸収係数が  $1.2 \times 10^6 \text{ cm}^{-1}$  (XeClの場合) と大きいので、入射光は非晶質シリコン膜の表面近傍でその多くが吸収されてしまう。シリコン膜によるエキシマレーザ光の吸収率は30%程度である。このため、光強度が  $1/\text{e}$  となる浸透長は7nmと短い。これに対して、非晶質シリコン膜の厚さは、通常、50nm程度である。したがって、エキシマレーザをアニールの光源に用いる場合、通常はシリコンの膜厚が浸透長以上となるため、入射レーザ光のエネルギーを最大限に利用することになる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように、エキシマレーザを用いた場合、多くの光エネルギーが表面近傍で吸収される。このため、非晶質シリコン膜の厚さ全体にわたって高温に加熱されず、またその他の理由も加わり、生成する多結晶シリコン膜の結晶粒の大きさが均一に十分大きくなり、所望の移動度が得られない場合が発生する。

【0006】 このため、エキシマレーザの波長域と異なる波長域のレーザ光をアニールの光源に用いることが考えられる。たとえばNdイオンをドープしたYAGレーザの第2高調波をアニールの光源に用いた場合、シリコンに対する吸収係数は  $1.2 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$  とエキシマレーザ光より一桁小さい。したがって、非晶質シリコン

膜の表面近傍のみで大部分が吸収されることはない代わりに、エキシマレーザと同様の用い方をすると入射レーザ光エネルギーの利用効率は低く、レーザアニール処理能力も低いという問題を有する。

【0007】従来、Qスイッチによりパルス発振する固体レーザの第2高調波を光源とするレーザアニールでは、第2高調波のみを選択して使用していた。図5に示すように、固体レーザ発振装置101は、Qスイッチ103によりパルス発振させ、レーザ共振器102で共振した基本波121をまず出射する。この基本波121を波長変換結晶105に入射する。波長変換結晶は、固体レーザ発振装置の内部に設けなくてもよい。

【0008】波長変換結晶105に導入された基本波は、その一部が波長変換されずに通過するため、パルスレーザビーム中には第2高調波と基本波とが含まれた混合波122を出射する。しかし、途中の光路に第2高調波用の波長選択ミラー136を設置している。基本波は、そのほとんどが第2高調波選択用ミラー136を透過する。このため、レーザビーム伝送光学系107を通過して、ステージ108上に支持された基板上的シリコン膜110に到達するレーザビーム112中には基本波はほとんど残存していない。すなわち、第2高調波選択ミラー136で選択された第2高調波のみとなっている。

【0009】このレーザアニール方法によれば、波長変換されない基本波のエネルギーは捨てられている。一般的な固体レーザの場合、基本波から第2高調波への変換効率は20%程度であるため、半分以上ものエネルギーを捨てていることになる。このレーザアニール処理を大量生産に用いる場合、エネルギー利用効率の低さが製造コストおよび環境等に悪影響を及ぼす場合がある。

【0010】本発明は、半導体薄膜のレーザアニール処理においてエネルギー利用効率の向上をはかった半導体装置の製造方法およびその製造装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体装置の製造方法は、固体レーザ発振装置から発振されたレーザ光を波長変換手段に通して得られる第2高調波を用いて半導体薄膜にレーザアニール処理を施す半導体装置の製造方法である。この製造方法では、波長変換して得られる第2高調波と、波長変換されずに波長変換手段を通過した基本波とを、半導体薄膜に照射する。

【0012】この方法により、従来は用いていなかった基本波も、レーザアニールに用いることにより、レーザエネルギーの利用効率を高めることができる。

【0013】上記の半導体薄膜の表面の下方にレーザ光に対する反射機構を設け、その反射機構によって、半導体薄膜に照射されその半導体薄膜を透過したレーザ光を反射させ、半導体薄膜の底面からその反射光を照射する。

【0014】たとえば半導体薄膜にシリコン膜を用いた場合、シリコン膜に吸収されにくい基本波と、基本波よりは吸収されやすいがそれでもかなりの強度が透過する第2高調波とを上記のように、反射させることにより、シリコン膜底部からもエネルギーを投入することができる。このため、シリコン膜厚全体にわたって均一に粗大シリコン結晶粒を得ることができる。

【0015】上記の反射機構は半導体装置の内部に設けてもよいし、半導体装置が透明な場合は、半導体装置とその半導体装置の下方に位置する半導体装置支持部たとえばテーブルの上に設けてもよい。

【0016】半導体装置の内部に設ける場合、半導体薄膜が形成されている基板、半導体薄膜とその基板に反射用薄膜を設ける場合はその薄膜、またその半導体薄膜の底面などが反射機構として作用する。上記の各薄膜の光媒体の屈折率および厚さを適当に選ぶことにより、十分な強度の反射光を半導体薄膜（シリコン膜）の底面に照射することができる。上記の反射機構は、多結晶シリコン膜の膜厚よりも長い、シリコン浸透長さを有する波長域のレーザ光に対する反射機構である。しかし、当然、その他の波長域のレーザ光を反射することもできる。また、半導体薄膜の底面で反射する場合、半導体薄膜の膜厚に大きく依存する。上記の「半導体薄膜の表面の下方」は、その膜厚をも含んだ意味で用いている。

【0017】上記の固体レーザ発振装置として、NdをドープしたYAG( $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ )レーザ、Ndをドープした $\text{YVO}_4$ レーザ、NdをドープしたYLF( $\text{LiYF}_4$ )レーザ、Ndをドープしたガラスレーザ、YbをドープしたYAG( $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ )レーザ、Ybをドープした $\text{YVO}_4$ レーザ、YbをドープしたYLF( $\text{LiYF}_4$ )レーザ、およびYbをドープしたガラスレーザのいずれかをを用いることができる。

【0018】上記のように、信頼性の高い固体レーザを使用することにより、安定したレーザエネルギーの利用を高い効率で実現することができる。

【0019】上記の固体レーザ発振装置を、Qスイッチによりパルス発振させてもよい。パルス発振レーザでは、第2高調波とそれよりパルス時間波形の長い基本波の使用が可能になる。このため、基本波の利用分、エネルギーの利用効率向上を得ることができる。

【0020】上記の半導体薄膜を、非晶質シリコン膜または多結晶シリコン膜のいずれかとすることができる。

【0021】粗大な結晶粒から構成される、特性の優れた多結晶シリコン膜を得ることができる。

【0022】上記の半導体薄膜における基本波の照射領域を、第2高調波の照射領域よりも広くすることができる。

【0023】第2高調波を照射した領域全面が基本波により照射されるので、第2高調波照射領域の多結晶シリコンの特性を全体的にわたって均一に向上させることが

できる。

【0024】本発明の半導体装置の製造装置は、半導体薄膜にレーザ光を照射してレーザアニール処理を施す半導体装置の製造装置である。この製造装置は、レーザ光を発振する固体レーザ発振装置と、固体レーザ発振装置から発振されたレーザ光を基本波として、その基本波を所定の比率で波長変換して少なくとも第2高調波を出射する波長変換手段と、波長変換手段によって波長変換されずに波長変換手段から出射される基本波と少なくとも第2高調波とを含むレーザビームが、1つのレーザビームとして半導体薄膜に照射されるように、そのレーザビームの光路を変更する光路変更手段とを備える。

【0025】基本波と第2高調波とを同じビームになるように光路変更して半導体薄膜に照射して、エネルギー効率の向上を得ることができる。光路変更手段として、基本波と第2高調波とを同じように反射するダイクロイックミラーを用いることができる。

【0026】上記の半導体薄膜に照射されるレーザビームを集光する集光レンズを、基本波および第2高調波に共通に備えることができる。

【0027】集光レンズを構成する材料に対する屈折率が、基本波と第2高調波とで異なり、上記の構成により第2高調波が半導体薄膜上で高密度になるように絞った場合、基本波はそれよりブロードに照射される。この結果、第2高調波を照射した領域全面が基本波により照射されるので、第2高調波照射領域の多結晶シリコンの特性を全体的にわたって均一に向上させることができる。

【0028】

【発明の実施の形態】次に図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。

【0029】（実施の形態1）図1は、本発明の実施の形態を示す構成図である。固体レーザ発振装置1は、NdをドープしたYAGレーザのレーザ共振器2（発振波長1064nm）、Qスイッチ手段3、波長変換手段5、ダイクロイックミラー6、レーザビーム伝送光学系7、基板に積層された非晶質シリコン膜10、およびステージ8より構成される。波長変換手段5は、レーザ共振器2の内部に配置してもよい。レーザ共振器2で生成されたパルス状の基本波21は、波長変換手段5に導入される。この波長変換手段5を通過したレーザビームは、波長変換された波長532nmの第2高調波と、波長変換されなかった基本波との混合波22から成る。

【0030】この混合波22は、第2高調波と基本波との両方を反射する2波長選択ミラー（ダイクロイックミラー）6で反射され、レーザビーム伝送光学系7へと送られ、最終的に非晶質シリコン膜10に照射される。従来、基本波から第2高調波への変換効率率は20%程度であるため、従来の方法では捨てられていた多くのエネルギーを有効利用することができる。固体の非晶質シリコン薄膜に対しては、基本波はほとんど通過し、シリコン

膜を加熱する効果は無いに等しい。しかし、温度が1000℃以上の固体シリコンまたは熔融したシリコンに対しては、フリーキャリア吸収により、基本波のほとんど全てが吸収される。本発明はこの点に着目したものである。

【0031】すなわち、非晶質シリコン膜に、上記の第2高調波と基本波との混合レーザビーム22が照射された際に起こる過程は次の通りである。まず、固体の非晶質シリコン膜に対する吸収が比較的大きい第2高調波により、シリコン膜が瞬間的に加熱され、熔融される。また、図2（a）および（b）に示すように、第2高調波より時間パルス幅が長い基本波が重ねて照射されるため、基本波の大部分が1000℃以上の固体シリコンまたは熔融したシリコンによって吸収される。このため、従来は捨てられていたレーザエネルギーの大部分を有効に活用できるため、エネルギー利用効率は著しく向上させることができる。

【0032】（実施の形態2）本発明の実施の形態2について、図2（a）、（b）を用いて説明する。本実施の形態では、レーザアニールにより得られる多結晶シリコン膜の特性を向上させる。図2（a）に示すように、基本波の時間パルス幅は、一般に第2高調波の時間パルス幅よりも長い。このため、図2（b）に示すように、第2高調波だけを非晶質シリコン膜に照射する場合よりも、基本波と第2高調波との混合波を照射した場合の方が、シリコンの照射時間を長くすることができる。一旦、熔融したシリコンは、熔融している時間が長いほど再結晶がゆっくり進行し、最終的に得られる多結晶シリコンの結晶性が良いことが知られている。

【0033】第2高調波と、パルス時間幅の長い基本波とが混合した混合波を照射することにより、多結晶シリコン膜の結晶性を向上させることが可能となる。

【0034】（実施の形態3）図3および図4は、本発明の実施の形態3における半導体装置の製造方法を示す図である。非晶質シリコン膜10をレーザアニールする場合、レーザ光の照射エネルギー密度が高いほど、結晶性に優れた多結晶シリコンを得られることが一般的に知られている。照射エネルギー密度を高くするために、非晶質シリコン膜10に照射する直前で、レーザビームを集光レンズ12で集光する。この際、第2高調波と基本波とでは、硝材における屈折率が違うため、集光レンズの焦点も当然異なる。波長の長い基本波に対する焦点距離は、第2高調波のそれより長くなる。すなわち、図3に示すように、第2高調波の焦点を非晶質シリコン膜上に配置すると、基本波の焦点は非晶質シリコン膜の下側に位置することになる。この結果、非晶質シリコン膜10の表面において照射される面積は、第2高調波では小さく、また基本波ではそれより広くなる。

【0035】第2高調波により熔融したシリコン領域を、基本波によって均一に効率良く加熱するには、第2

高調波の照射領域より基本波の照射領域が広い方がよい。つまり、(第2高調波の照射領域面積) < (基本波の照射領域面積) となるように、集光レンズと非晶質シリコン膜の位置関係を設定する。これにより、エネルギー利用効率の高いレーザアニールが可能となる。

【0036】 上記において、本発明の実施の形態について説明を行ったが、上記に開示された本発明の実施の形態は、あくまで例示であって、本発明の範囲はこれら発明の実施の形態に限定されない。本発明の範囲は、特許請求の範囲の記載によって示され、さらに特許請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものである。

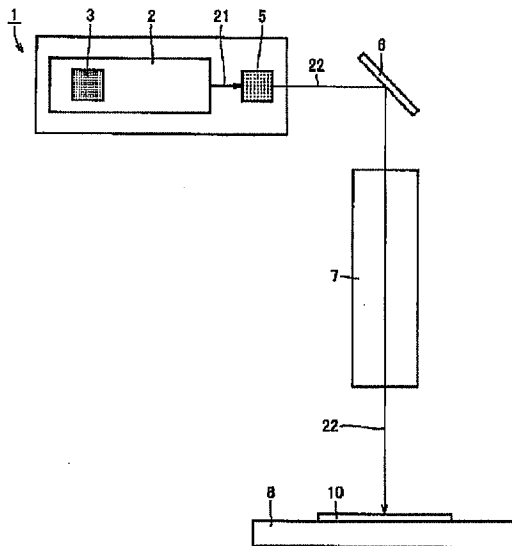
【0037】

【発明の効果】 本発明の半導体装置の製造方法およびその製造装置を用いることにより、半導体薄膜、とくにシリコン膜のレーザアニール処理においてエネルギー利用効率の向上をはかることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1における半導体装置の製造方法を示す図である。

【図1】



【図2】 (a) は、図1のレーザビーム中の基本波および第2高調波の時間パルス波形を示す図であり、

(b) は基本波および第2高調波によるレーザアニールの温度時間変化を示す図である。

【図3】 本発明の実施の形態3の半導体装置の製造方法において、基本波および第2高調波のシリコン薄膜への集光を示す図である。

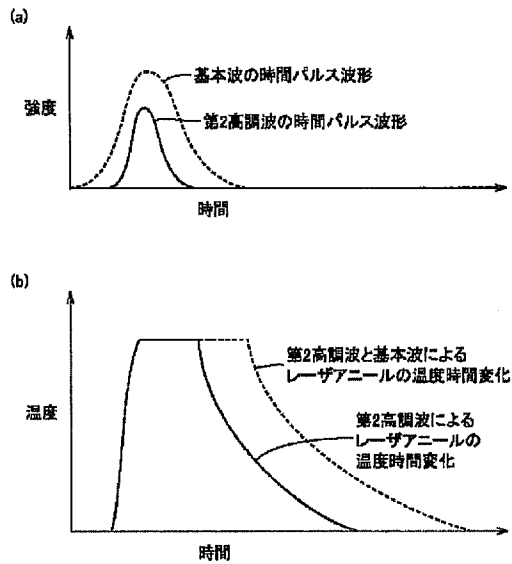
【図4】 図3に示す基本波および第2高調波のシリコン薄膜への照射領域を示す図である。

【図5】 固体レーザ発振装置を用いた従来のレーザアニール処理方法を示す図である。

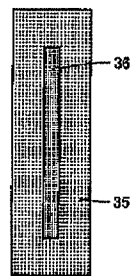
【符号の説明】

1 固体レーザ発振装置、2 レーザ共振器、3 Qスイッチ、5 波長変換結晶、6 ダイクロイックミラー、7 レーザビーム伝送系、8 ステージ、10 基板上非晶質シリコン膜、12 集光レンズ、21 基本波、22 基本波と第2高調波との混合波、25 基本波の焦点、26 第2高調波の焦点、35 基本波の照射領域、36 第2高調波の照射領域。

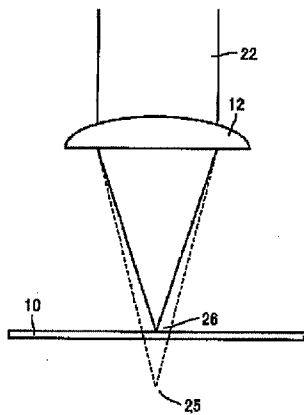
【図2】



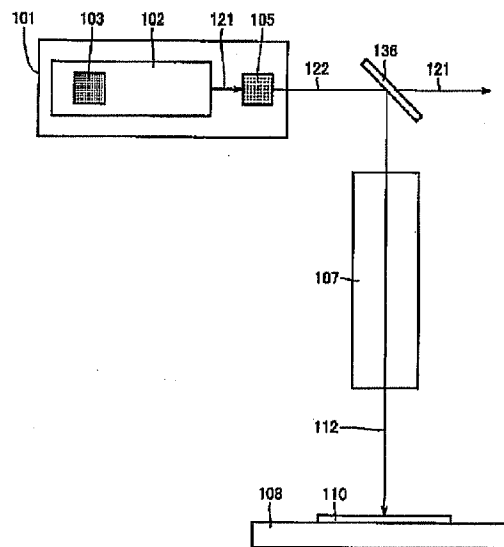
【図4】



【図 3】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 森川 和敏

東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三

菱電機株式会社内

F ターム(参考) 5F052 AA02 BA01 BA04 BA15 BA18

BB02 BB03 BB07 DA01 DA02

JA01